动 物 学 研 究 2005, Oct. 26 (5): 467 - 472 CN 53 - 1040/Q ISSN 0254 - 5853
Zoological Research

# 贺兰山雄性岩羊种群两个时期生命表的比较

王小明[1,*], 刘振生[1,2], 李新庆[1], 李志刚[3]
(1. 华东师范大学 生命科学学院, 上海 200062; 2. 东北林业大学 野生动物资源学院, 黑龙江 哈尔滨 150040;
3. 宁夏贺兰山国家级自然保护区管理局, 宁夏 银川 750021)

**摘要**: 2004 年 4—5 月, 利用 102 架自然死亡的雄性岩羊角, 分析了贺兰山雄性岩羊种群的生命表、年龄结构和存活曲线, 并与 1995 年的研究做了比较。结果表明, 1.5~4.5 龄的死亡率为 0%~7.4%, 5.5~10.5 龄的死亡率为 14.9%~25.0%, 11.5~15.5 龄的死亡率为 40.7%~100%; 与 1995 年相比, 第一死亡高峰出现的年龄段基本相同, 而第二死亡高峰出现的年龄段则明显推迟; 有 64.7%的个体可以活到 8 龄以上, 有 7.8%的个体可以活到 13 龄以上, 与 1995 年也存在一定差异; 1.5~4.5 龄的期望寿命与 1995 年基本一致, 但从 5.5 龄以后, 期望寿命明显提高; 与 1995 年相比, 4.5 龄以下的死亡率差异不显著; 5.5~9.5 龄的死亡率差异显著, 而 10.5 龄以上的死亡率差异极显著。贺兰山岩羊种群虽经 10 年发展变化, 但雄性岩羊的存活曲线依然接近 A 型。

**关键词**: 岩羊; 生命表; 贺兰山
**中图分类号**: Q958.1; Q959.842; R195.3 **文献标识码**: A **文章编号**: 0254 - 5853 (2005) 05 - 0467 - 06

# Comparison of Age Structures of Male Blue Sheep (*Pseudois nayaur*) on Helan Mountain in Two Periods, 1995 and 2004

WANG Xiao-ming[1,*], LIU Zhen-sheng[1,2], LI Xin-qing[1], LI Zhi-gang[3]
(1. *School of Life Science, East China Normal University, Shanghai* 200062, *China;*
2. *College of Wildlife Resources, Northeast Forestry University, Harbin* 150040, *China;*
3. *Helan Mountain National Nature Reserve, Yinchuan* 750021, *China*)

**Abstract**: We analyzed the static life table, age structure and survivorship curve of blue sheep (*Pseudois nayaur*) using the horns of 102 male blue sheep that died of natural causes in tie field, from April to May, 2004, on Helan Mountain. The age of each horn was determined by the growth ring. We also compared the data from this study with data from 1995. The natural mortality rate between 1.5 and 4.5 years old ranged from 0% to 7.4% in this study. For rams between 5.5 and 10.5 years old the range was 14.9% to 25.0%. The mortality rate for rams with 11.5 to 15.5 years old varied between 40.7% and 100%. The first mortality peak (from 1.5 to 4.5 years old) in this study was similar to the results of 1995, while the second mortality peak (from 5.5 to 10.5 years old) was remarkably delayed. Unlike the results from 1995, 64.7% of individuals during this research survived up to 8 years old, and 7.8% rams survived until after 13 years. The 2004 data indicated that life expectancy of rams was close to that of 1995. However, life expectancy in the older rams (≥5.5 years) from this research increased significantly. We found a significant difference in the mortality rate of rams below 4.5 years old between 1995 and 2004. There was a significant difference in the mortality rate of rams from 5.5 to 9.5 years old between 1995 and this study. The mortality rate of rams over 4.5 years of age differed significantly between 1995 and 2004. Although the blue sheep populations on Helan Mountain have experienced some changes in the last ten years, the survivorship curve of rams was still close to convex type (A type).

**Key words**: Blue sheep (*Pseudois nayaur*); Life table; Helan Mountain

---

收稿日期: 2005 - 05 - 18; 接收日期: 2005 - 07 - 19
基金项目: 国家自然科学基金 (30470231); 教育部跨世纪优秀人才培养计划; "十五" "211 工程" 重点学科建设子项目; 上海市重点学科 (生态学) 基金
* 通讯作者 (Corresponding author), E-mail: xmwang@ecnu.edu.cn

生命表是描述种群死亡过程、预测种群未来变化的有用工具（Krebs，2003；Sun，2001），在种群生态学研究中已显示出理论价值和广泛的应用前景（Buechner，1960；Hoefs & Bayer，1983；Jiang et al，1989；Li et al，1995；Lowe，1969；Oli et al，2001；Simmons et al，1984；Wan et al，2001；Yang et al，1998）。在一个较长的时间尺度上，用生命表的各种参数的变化来探讨同一物种种群数量的变化机制，在大型哺乳动物，尤其是在食草有蹄类还鲜有报道，只有 Buechner（1960）对 1937 与 1941 年加拿大盘羊（*Ovis canadensis*）种群的生命表参数进行过比较研究。

岩羊（*Pseudois nayaur*）属偶蹄目牛科羊亚科岩羊属，是青藏高原野生有蹄类最丰富的物种之一（Wang et al，1998）。由于雌性岩羊的角较小，而且年轮重叠较大，很难从角上直接获得准确的年龄数据。因此，以往对岩羊生命表的研究主要集中在雄性：Ren & Yu（1990）、Wegge（1979）报道了青藏高原的岩羊西藏亚种（*P. n. nayaur*）的生命表；Liang & Wang（2000）于 1995 年，依据自然死亡的 62 架雄性岩羊角得到了贺兰山雄性岩羊的生命表、年龄结构和生存率曲线。

贺兰山是岩羊集中分布的一个重要区域，分布的岩羊为四川亚种（*P. n. szechuanensis*）。贺兰山林区是一个孤立的林岛，其周围被沙漠、城市和河流（黄河）所阻断（Liu et al，2000）。因此，岩羊种群数量的波动不受迁入和迁出的影响，只与出生率和死亡率有关。20 多年来，贺兰山岩羊的数量一直呈现出稳定增长的趋势，由 1983 年的 1 470 ~ 1 770 只，增长到 1997 年的 5 324.82 ~ 9 509.82 只（Ren et al，1999）；截至 2003 年底，其种群数量已经超过 1 万只（Liu et al，2004）。随着贺兰山岩羊种群数量的增长，其种群的生命表中各种参数是否也存在着类似的变化，影响这种变化的主要原因是什么。只有明确回答这个问题，才能更好地理解贺兰山岩羊种群数量的变动机制，有助于掌握其发展态势。

## 1 研究地区和方法

### 1.1 研究地区

贺兰山位于银川平原和阿拉善高原之间，地理坐标为 N38°21′—39°22′、E105°44′—106°42′，属阴山山系，是一条南北走向的山脉，南北长约 300 km，东西宽约数十千米，平均海拔 1 500 m，是典型的半荒漠和沙漠之间的分界线，年降水量在 200 ~ 400 mm，年平均蒸发量 2 000 mm（Tian，1996）。整个贺兰山的维管植物多达 690 种（Di，1987），为贺兰山野生动物提供了良好的栖息环境和丰富的食物资源（Wang et al，1999）。

### 1.2 研究方法

1.2.1 岩羊角的收集与年龄鉴定 2004 年，在宁夏贺兰山国家级自然保护区内的大口子、小口子、拜寺口、苏峪口、黄旗口、贺兰口、插旗口、大水沟、小水沟、乳箕沟以及内蒙古贺兰山国家级自然保护区的古拉本、哈拉乌、樊家营子和镇木关等地，共收集和测量了 102 架自然死亡的雄性岩羊角。年龄鉴定依据雄性角一年各季生长速度不同所形成的年轮环和其出生时的基数来共同确定（Bunnell，1978；Geist，1966；Liang & Wang，2000）。

1.2.2 数据分析 按照 Liang & Wang（2000）的方法，我们依据收集到的 102 架自然死亡的雄性岩羊角编制了其静态生命表。由于 Wan et al（2000）认为直接从物种的存活率曲线上并不能准确地判读该物种的存活曲线类型，而是应当从进行对数转换后的存活曲线上进行判读。因此，本文将 1995 年（Liang & Wang，2000）和 2004 年的数据均进行了对数转换，进而得到两个不同时期的岩羊存活曲线。

为了比较 1995 年（Liang & Wang，2000）与 2004 年所收集的雄性岩羊角样本之间的差异，首先对两组数据进行单个样本的 Kolmogorov-Smirnov Test 检验，判断是否服从正态分布。鉴于数据不符合进行参数分析的条件（$z = 2.305$，$P = 0.000$），故采用非参数估计中的两个独立样本的 Mann-Whitney *U* 检验对两组数据的差异进行分析。利用 $\chi^2$ 检验对亚成体、壮年个体和老年个体之间的差异进行检验。

## 2 结果与分析

### 2.1 雄性岩羊的生命表

2004 年，收集到的 102 架自然死亡的雄性岩羊角中，年龄最大的为 15.5 龄（a），超过 12.5 a 的有 13 架，12.5 a 的有 16 架。而 Liang & Wang（2000）没有收集到 12.5 a 以上的标本，12.5 a 的

也只收集到3架。两个独立样本的Mann-Whitney *U* 检验表明，1995年（Liang & Wang，2000）和2004年的两组雄性岩羊角的数据差异不显著（$z = -1.868$，$P = 0.061$）。

1.5～4.5龄的死亡率为0%～7.4%；5.5～10.5龄的死亡率为14.9%～25.0%；11.5～15.5龄的死亡率为40.7%～100%（表1）。与1995年（Liang & Wang，2000）的数据相比，2004年的第一死亡高峰出现的年龄段基本相同，而第二死亡高峰出现的年龄段则明显推迟（1995年为9.5 a）。

有64.7%的个体可以活到8 a以上；有7.8%的个体可以活到13 a以上（表1），这与Liang & Wang（2000）的研究结果也存在一定的差异。1.5～4.5 a的期望寿命与Liang & Wang（2000）的研究结果基本一致，但从5.5 a以后本次研究获得的数据显示，雄性岩羊的期望寿命明显提高，至13.5 a时仍达到1.13 a。

## 2.2 年龄结构和存活曲线

2004年贺兰山雄性岩羊有3个死亡高峰，分别出现在5.5 a（12.75%）、8.5 a（14.71%）和11.5 a（10.78%），与1995年（Liang & Wang，2000）的死亡高峰出现在5.5～9.5 a（11.29%～19.35%）有较大差别（图1）。

依据Schaller（1977）对岩羊的年龄划分标准，把4.5 a以下的雄性个体看成是亚成体组；壮年个体组为5.5～9.5 a；10.5 a以上为老年个体组。

**表1　1995年（Liang & Wang，2000）与2004年贺兰山雄性岩羊生命表的比较**

**Tab. 1　Comparison of the life tables of male blue sheep in 1995 (Liang & Wang, 2000) and 2004 on Helan Mountain**

| 年龄 Age | 2004 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | nx | lx | dx | qx | Lx | Tx | ex |
| 1.5 | 102 | 1.000 | 0 | 0.000 | 102.0 | 767.0 | 7.52 |
| 2.5 | 102 | 1.000 | 4 | 0.039 | 100.0 | 665.0 | 6.52 |
| 3.5 | 98 | 0.961 | 4 | 0.041 | 96.0 | 565.0 | 5.77 |
| 4.5 | 94 | 0.922 | 7 | 0.074 | 90.5 | 469.0 | 4.99 |
| 5.5 | 87 | 0.853 | 13 | 0.149 | 80.5 | 378.5 | 4.35 |
| 6.5 | 74 | 0.725 | 8 | 0.108 | 70.0 | 298.0 | 4.03 |
| 7.5 | 66 | 0.647 | 7 | 0.106 | 62.5 | 228.0 | 3.45 |
| 8.5 | 59 | 0.578 | 15 | 0.254 | 51.5 | 165.5 | 2.81 |
| 9.5 | 44 | 0.431 | 8 | 0.182 | 40.0 | 114.0 | 2.59 |
| 10.5 | 36 | 0.353 | 9 | 0.250 | 31.5 | 74.0 | 2.06 |
| 11.5 | 27 | 0.265 | 11 | 0.407 | 21.5 | 42.5 | 1.57 |
| 12.5 | 16 | 0.157 | 8 | 0.500 | 12.0 | 21.0 | 1.31 |
| 13.5 | 8 | 0.078 | 4 | 0.500 | 6.0 | 9.0 | 1.13 |
| 14.5 | 4 | 0.039 | 3 | 0.750 | 2.5 | 3.0 | 0.75 |
| 15.5 | 1 | 0.010 | 1 | 1.000 | 0.5 | 0.5 | 0.50 |

| 年龄 Age | 1995 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | nx | lx | dx | qx | Lx | Tx | ex |
| 1.5 | 62 | 1.000 | 1 | 0.016 | 61.5 | 445.0 | 7.18 |
| 2.5 | 61 | 0.984 | 1 | 0.016 | 60.5 | 383.5 | 6.29 |
| 3.5 | 60 | 0.968 | 0 | 0.000 | 60.0 | 323.0 | 5.38 |
| 4.5 | 60 | 0.968 | 1 | 0.017 | 59.5 | 263.0 | 4.38 |
| 5.5 | 59 | 0.952 | 7 | 0.119 | 55.5 | 203.5 | 3.45 |
| 6.5 | 52 | 0.839 | 9 | 0.173 | 47.5 | 148 | 2.85 |
| 7.5 | 43 | 0.694 | 10 | 0.233 | 38.0 | 100.5 | 2.34 |
| 8.5 | 33 | 0.532 | 9 | 0.273 | 28.5 | 62.5 | 1.89 |
| 9.5 | 24 | 0.387 | 12 | 0.500 | 18.0 | 34.0 | 1.42 |
| 10.5 | 12 | 0.194 | 5 | 0.417 | 9.5 | 16.0 | 1.33 |
| 11.5 | 7 | 0.113 | 4 | 0.571 | 5.0 | 6.5 | 0.93 |
| 12.5 | 3 | 0.048 | 3 | 1.000 | 1.5 | 1.5 | 0.50 |

nx：各年龄开始时的存活数（Survivor number at beginning of age）；lx：各年龄开始时的存活百分数（Survivor percentage at beginning of age）；dx：各年龄死亡数目（Death number for each age）；qx：各年龄死亡百分率（Mortality rate for each age）；Lx：各年龄平均存活数（Mean survivor number for each age）；Tx：各年龄所有个体总存活年数（Total survivor years of all numbers for each age）；ex：期望寿命（Life expectancy）。

2004 年这 3 个年龄段的死亡率分别为 10.6%、48.3%、41.2%（图 1），与 Liang & Wang（2000）的结果（这 3 个数值分别为 4.8%、75.8%、19.4%）总体上存在极显著差异（$\chi^2=41.482$，$df=2$，$P=0.000$），其中亚成体组的死亡率差异不显著（$\chi^2=2.184$，$df=1$，$P=0.139$）；壮年个体组的死亡率差异显著（$\chi^2=6.094$，$df=1$，$P=0.014$）；老年个体组的死亡率存在极显著差异（$\chi^2=7.842$，$df=1$，$P=0.0005$）。

将表 1 中各年龄开始时的存活百分数（lx）取对数，得到雄性岩羊的存活曲线（图 2）从中可以看出，虽然贺兰山岩羊种群经过 10 年的发展变化，但雄性岩羊的存活曲线都接近 A 型。

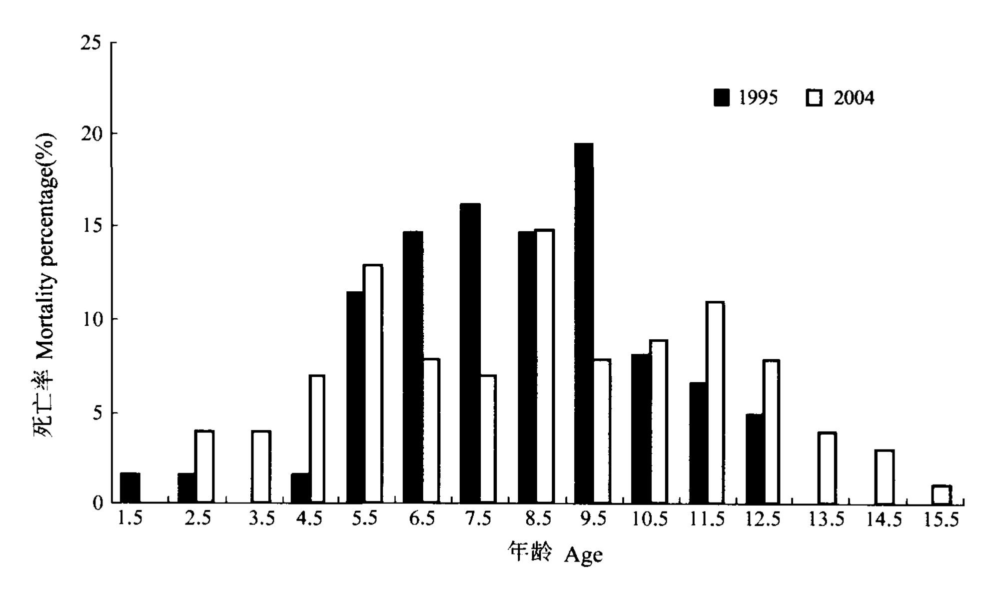



图 1 1995 年（Liang & Wang，2000）与 2004 年贺兰山雄性岩羊不同年龄的死亡率

Fig. 1 Mortality of male blue sheep with different age classes on Helan Mountain between the data of 1995 (Liang & Wang, 2000) and those of 2004

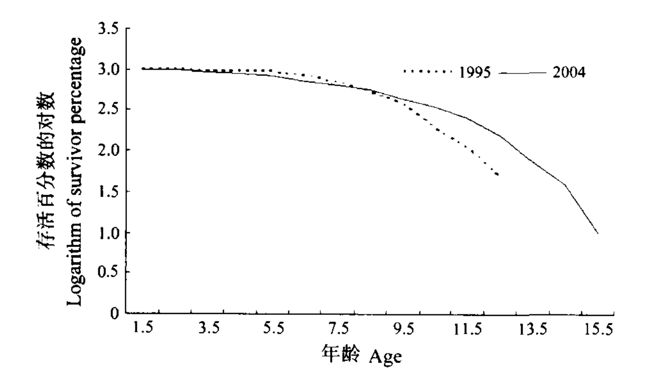



图 2 1995 年（Liang & Wang，2000）与 2004 年贺兰山雄性岩羊的存活曲线比较

Fig. 2 Survivorship curve of male blue sheep on Helan Mountain during 1995 (Liang & Wang, 2000) and 2004

## 3 讨 论

相较于 1995 年，贺兰山雄性岩羊的寿命明显延长，不同年龄段的生命期望值均增大，死亡率高峰也出现了明显的变化。产生这种变化的原因主要有以下几个方面：首先，保护和管理力度的逐年加强，使贺兰山的植被得以恢复（尤其是从 2001 年 3 月开始，该保护区禁止进山放牧，将所有家畜（主要是家羊）彻底迁出，使该地的植被迅速恢复），不仅为岩羊提供了更加丰富的食物，也减少了家畜（主要是家羊）与岩羊在食物资源上的竞争，为岩羊的生存提供了更大的空间（Liu et al, 2004）；其次，近 20 年来贺兰山区内的狼（*Canis lupus*）、猞猁（*Lynx lynx*）等岩羊的主要天敌已基本绝迹，虽然赤狐（*Vulpes vulpes*）、金雕（*Aquila chrysaetos*）、秃鹫（*Aegypius monachus*）等对岩羊的幼体和老弱病残个体还能构成一些威胁，但这些威胁不足以影响到贺兰山岩羊种群的发展（Wang et al, 1998a）；再次，近年来国家加强了对枪支的依法管理和对野生动物的保护宣传力度，绝大部分猎民的枪支被收缴，同时随着经济的发展和人民生活水平的普遍提高，人们也不再从事狩猎活动。上述这些有利的生存条件减少了岩羊的生存压力，使

得岩羊的寿命延长，能够更加接近生理寿命。

Buechner（1960）通过比较1937与1941年加拿大盘羊种群的数据后，发现与1937年相比，1941年加拿大盘羊的期望寿命延长，而死亡率却升高，这一结论与本文的研究结果相似（表1）。这与通常人们普遍认为的较短的期望寿命应当伴随着较高的死亡率是矛盾的，Buechner（1960）认为产生这一现象的原因是，1941年的种群有较大数量的老龄个体，这些老龄个体开始影响每年的死亡率，这也可以用来解释本文得到的研究结果。

2004年雄性岩羊亚成体组的死亡率是1995年（Liang & Wang，2000）的2倍多。产生这种现象的原因可能是由于亚成体本身体质较弱，生存经验缺乏，抵御严寒等气候变化的能力差（Schaller，1977，1998），同时可能也与种群的迅速增长（Liu et al，2004）有关，从而导致种群内部，尤其是亚成体与成体间的竞争压力增大，使亚成体的死亡率上升。

在自然死亡的情况下，雄性岩羊最大寿命在我国新疆塔什库尔干为13 a（Schaller et al，1987）；在我国青海玉树、果洛为14.5 a（Ren & Yu，1990）；在尼泊尔为15 a（Schaller，1977；Wegge，1979）。Nowak et al（1999）认为岩羊最大寿命为20 a，而我们记录的结果则为15.5 a（表1）。Ren & Yu（1990）认为通常老年个体很少超过12 a，12 a以上的个体仅占1.0%。而在我们的研究中，12 a以上的个体占15.7%，显然贺兰山雄性岩羊的寿命比青海玉树、果洛地区的岩羊要长。根据亚成体、壮年个体、老年个体组的划分标准（Schaller，1977），青海玉树、果洛地区的雄性岩羊在这3个阶段的死亡率分别为3.7%、75%、21%（Ren & Yu，1990），这一结果与Liang & Wang（2000）的4.8%、75.8%、19.4%相似，而与2004年的10.6%、48.3%、41.2%相差很大。Schaller et al（1987）在新疆塔什库尔干的研究结果则分别为8%、55%、37%，与2004年的结果较为接近。这一方面体现出随着时间的变化，同一种群的岩羊生命表参数也发生一定的变化；另一方面也表明不同地区的岩羊种群之间也存在一定的差异。

偶蹄类动物的集群方式随着其栖息地特征的不同也发生一定的变化，通常在封闭不开阔的栖息环境中维持相对较小的群（Cao et al，2005a；Nievergelt，1974；Schaller，1977），而在开阔的栖息环境中则容易聚集成大群（Alados，1985；Geist，1971）。与其他的岩羊分布区开阔的栖息环境中岩羊集成大群（Kaji，1993；Luo & Gu，1991；Oli & Rogers，1996；Ren & Yu，1990；Schaller & Gu，1994）不同，贺兰山山势险峻，山体势差大（Geng & Yang，1990），少有开阔地带，可供岩羊栖息的面积相对较少（Wang et al，1999），岩羊多以小群聚集（Cao et al，2005a，b；Liang & Wang，2000；Wang et al，1998a，b；Yu et al，2004）。这种与其他分布区岩羊不同的集群方式，可能也是导致贺兰山岩羊死亡率与其他岩羊分布区岩羊死亡率存在差异的原因之一。

贺兰山岩羊种群数量的不断增长（Liu et al，2004），减少了其种群灭绝的危险。这种种群数量的急剧变化，也反映在种群的生命表参数上。雄性岩羊的寿命延长，尤其是壮年个体组死亡率的大幅度下降，对于贺兰山岩羊种群的稳定和发展是很有意义的。岩羊种群的数量及结构变化对岩羊种群的长期维持、遗传特征以及整个生态系统的影响，还需要进一步研究。

**致谢：**实验过程中得到宁夏贺兰山国家级自然保护区管理局侯建海局长和内蒙古贺兰山国家级自然保护区管理局马振山局长及两个保护区全体员工的大力支持，谨致谢意。

## 参考文献：

Alados CL. 1985. Group size and composition of the Spanish ibex Capra Pyrenaica Schinz in the Sierras of Cazorla and Segura [A]. In: Lovari S. The Biology and Management of Mountain Ungulates [M]. Beckingham, UK: Croom Helm, 134-147.

Buechner HK. 1960. The bighorn sheep in the United States, its past, present, and future [J]. *Wildl Monogr*, **4**: 1-173.

Bunnell F. 1978. Horn growth and population quality in Dall sheep [J]. *J Wildl Manage*, **42**: 764-775.

Cao LR, Liu ZS, Wang XM, Hu TH, Li T, Zhai H, Hou JH. 2005a. Preliminary study on group characteristics of blue sheep (*Pseudois nayaur*) in spring and early winter in Helan Mountain, China [J]. *Chin J Zool*, **40** (2): 28-33. [曹丽荣，刘振生，王小明，胡天华，李　涛，翟　昊，侯建海. 2005a. 春冬两季贺兰山岩羊集群特征的比较. 动物学杂志, **40** (2): 28-33.]

Cao LR, Liu ZS, Wang XM, Hu TH, Li T, Zhai H, Hou JH. 2005b. Winter group size and composition of blue sheep (*Pseudois nayaur*)

in the Helan Mountains, China [J]. *Acta Theriol Sin*, **25** (2): 200-204. [曹丽荣, 刘振生, 王小明, 胡天华, 李 涛, 翟 昊, 侯建海. 2005b. 贺兰山岩羊冬季集群特征的初步分析. 兽类学报, **25** (2): 200-204.]

Di WZ. 1987. Plantae Vasculares Helan Mountain [M]. Xi'an: Northwestern University Press, 20-22. [狄维忠. 1987. 贺兰山维管植物. 西安: 西北大学出版社, 20-22.]

Geist V. 1966. Validity of horn segment counts in aging bighorn sheep [J]. *J Wildl Manage*, **30**: 634-635.

Geist V. 1971. Mountain Sheep [M]. Chicago: University of Chicago Press, 184-291.

Geng K, Yang ZR. 1990. Climatic characteristics and climatic landforms in Helan Mountain [J]. *Yantai Teachers Coll J* (*Natural Science Edition*), **6** (2): 49-56. [耿 侃, 杨志荣. 1990. 贺兰山气候特征与气候地貌. 烟台师范学院学报 (自然科学版), **6** (2): 49-56.]

Hoefs M, Bayer M. 1983. Demographic characteristics of an unhunted Dell sheep (*Ovis dalli dalli*) population in southwest Yukon, Canada [J]. *Can J Zool*, **61**: 1346-1357.

Jiang HS, Liu ZH, Yuan XC, Liang YJ. 1989. A study of the life table of the rhesus monkey (*Macaca mulatta*) [J]. *Acta Zool Sin*, **35** (4): 409-415. [江海生, 刘振河, 袁喜才, 梁耀坚. 1989. 猕猴 (*Macaca mulatta*) 生命表研究. 动物学报, **35** (4): 409-415.]

Kaji K, Ohtaishi N, Miura S, Koizumi T, Tokida K, Wu JY. 1993. Distribution and status of white-lipped deer and associated ungulate fauna in the Tibetan plateau [A]. In: Ohtaishi N, Sheng HL. Deer of China: Biology and Management [M]. Amsterdam: Elseviser Science Publishers, 147-158.

Li JH, Wang QS, Li M. 1995. Studies on the population ecology of Tibetan monkeys (*Macaca thibetana*): Ⅲ. Age structure and life table of Tibetan monkeys [J]. *Acta Theriol Sin*, **15** (1): 31-35. [李进华, 王岐山, 李 明. 1995. 短尾猴种群生态学研究: Ⅲ. 年龄结构和生命表. 兽类学报, **15** (1): 31-35.]

Liang YM, Wang XM. 2000. A study of blue sheep population life table and its group structure of different seasons in Helan Mountain [J]. *Acta Theriol Sin*, **20**: 258-262. [梁云媚, 王小明. 2000. 贺兰山岩羊的生命表和春夏季节社群结构的研究. 兽类学报, **20** (4): 258-262.]

Liu ZS, Cao LR, Wang XM. 2004. Management and conservation of Blue sheep population in Helan Mountain [J]. *Chin Wildl*, **25** (1): 56. [刘振生, 曹丽荣, 王小明. 2004. 宁夏贺兰山岩羊种群的管理和保护. 野生动物, **25** (1): 56.]

Liu ZX, Sheng HL, Li YG, Wang SD, Zhao DH, Du HP. 2000. The current status and conservation of the isolated population of alpine musk deer (*Moschus chrysogaster*) at Helan Mountain [J]. *Acta Ecol Sin*, **20** (3): 463-467. [刘志霄, 盛和林, 李元广, 王绍绽, 赵登海, 杜和平. 2000. 贺兰山林区马麝隔离种群的生存现状及保护. 生态学报, **20** (3): 463-467.]

Lowe VPW. 1969. Population dynamics of the red deer (*Cervus elaphus* L.) on Rhun [J]. *J Anim Eco*, **38**: 425-457.

Luo N, Gu JH. 1991. Resources of blue sheep and hunting in the western Aerjin Mountain [A]. In: Gu JH. Animal of Xinjiang [C]. Beijing: Science Press, 16-20. [罗宁, 谷景和. 1991. 阿尔金山西段的岩羊资源及其狩猎利用问题的探讨. 见: 谷景和. 新疆动物研究. 北京: 科学出版社, 16-20.]

Nievergelt B. 1974. A comparison of rutting behaviour of ungulates and its relation to management [A]. In: Geist V, Walther F. The Behaviour of Ungulates and Its Relation to Management [C]. Gland: IUCN, 324-340.

Nowak RM. 1999. Walker's Mammals of the World (6th) [M]. Baltimore and London: The Johns Hopkins University Press.

Oli MK, Rogers ME. 1996. Seasonal pattern in group size and population composition of blue sheep in Manang, Nepal [J]. *J Wild Manage*, **60** (4): 797-801.

Oli MK, Slade NA, Dobson FS. 2001. Effect of density reduction on uinta group squirrels: Analysis of life table response experiments [J]. *Ecology*, **82** (7): 1921-1929.

Ren JR, Yu YQ. 1990. A study on the population structure and life table of blue sheep in Yushu and Golog, Qinghai Province [J]. *Acta Theriol Sin*, **10** (3): 189-193. [任军让, 余玉群. 1990. 青海省玉树、果洛州岩羊的种群结构及生命表初探. 兽类学报, **10** (3): 189-193.]

Ren QF, Guo HL, Li ZG, Dai JX. 1999. The quantity and resources exploitation of blue sheep in Ningxia [J]. *Ningxia Sci Technol Agr Forest*, (suppl.): 38-42. [任青峰, 郭宏玲, 李志刚, 戴金霞. 1999. 宁夏岩羊数量与资源利用. 宁夏农林科技, (增刊): 38-42.]

Schaller GB. 1977. Mountain Monarchs: Wild Sheep and Goats of the Himalaya [M]. Chicago: University of Chicago Press.

Schaller GB, Gu B. 1994. Ungulate in northwest Tibet [J]. *Natl Geogr Res Explor*, **10** (3): 266-293.

Schaller GB. 1998. Wildlife of the Tibetan Steppe [M]. Chicago: University of Chicago Press.

Schaller GB, Li H, Talipu, Lu H, Ren J, Qiu M, Wang H. 1987. Status of large mammals in Taxtorgan Reserve, Xinjiang, China [J]. *Biolol Conser*, **42**: 53-71.

Simmons NM, Bayer MB, Sinkey LO. 1984. Demography of Dall's sheep in the Mackenzie Mountains, northwest territories [J]. *J Wlidl Manage*, **48** (1): 156-162.

Sun RY. 2001. The Principles of Animal Ecology (3rd) [M]. Beijing: Beijing Normal University Press. [孙儒泳. 2001. 动物生态学原理 (第三版). 北京: 北京师范大学出版社.]

Tian LS. 1996. Vegetation of East Slope in Helan Mountain [M]. Huhehaote: Inner Mongolia University Press. [田连恕. 1996. 贺兰山东坡植被. 呼和浩特: 内蒙古大学出版社.]

Wan XR, Wang MJ, Wang GH, Zhong WQ. 2001. Some types of life data methods for constructing life table [J]. *Acta Ecol Sin*, **21** (4): 660-664. [宛新荣, 王梦军, 王广和, 钟文勤. 2001. 常见寿命数据类型及生命表的编制方法. 生态学报, **21** (4): 660-664.]

Wan XR, Zhong WQ, Wang MJ, Wang GH. 2000. A suggestion on the survivorship curves analysis for mammalian species [J]. *Acta Theriol Sin*, **20** (2): 142-145. [宛新荣, 钟文勤, 王梦军, 王广和. 2000. 哺乳动物存活曲线类型的分析方法探讨. 兽类学报, **20** (2): 142-145.]

Wang XM, Li M, Tang SX, Liu ZX. 1998a. A preliminary study of some characters of blue sheep population ecology in spring [J]. *Acta Theriol Sin*, **18** (1): 27-33. [王小明, 李 明, 唐绍祥, 刘志霄. 1998a. 春季岩羊种群生态学特征的初步研究. 兽类学报, **18** (1): 27-33.]

Wang XM, Liu ZX, Xu HF, Li M, Li YG. 1998b. The blue sheep population ecology and its conservation in Helan Mountain, China [J]. *Chin Biodiver*, **6** (1): 1-5. [王小明, 刘志霄, 徐宏发, 李 明, 李元广. 1998b. 贺兰山岩羊种群生态及保护. 生物多样性, **6** (1): 1-5.]

Wang XM, Li M, Tang SX, Liu ZX, Li YG, Sheng HL. 1999. The study of resource and conservation of artiodactyls in Helan Mountain [J]. *Chin J Zool*, **34** (5): 26-29. [王小明, 李 明, 唐绍祥, 刘志霄, 李元广, 盛和林. 1999. 贺兰山偶蹄类动物资源及保护现状研究. 动物学杂志, **34** (5): 26-29.]

Wegge P. 1979. Aspects of the population ecology of blue sheep in Nepal [J]. *J Asian Ecol*, **1**: 10-20.

Yang G, Zhou KY, Gao LA, Chang Q. 1998. A study on the life table and dynamics of three finless porpoise populations in the Chinese waters [J]. *Acta Theriol Sin*, **18** (1): 1-7. [杨 光, 周开亚, 高利安, 常 青. 1998. 江豚生命表和种群动态的研究. 兽类学报, **18** (1): 1-7.]

Yu YQ, Guo ST, Bai QS, Li ZG, Hu TH, Lu HJ. 2004. The seasonal change of blue sheep population structure in Helanshan Mountains [J]. *Acta Theriol Sin*, **24** (3): 200-204. [余玉群, 郭松涛, 白庆生, 李志刚, 胡天华, 吕海军. 2004. 贺兰山岩羊种群结构的季节性变化. 兽类学报, **24** (3): 200-204.]